บทที่ 2

กระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์

การทำสีตัวถังรถยนต์มีวัตถุประสงค์ คือ การป้องกันการผุกร่อนและเพิ่มความสวยงามให้แก่ตัวถังรถยนต์

ในกระบวนการผลิตของโรงงานประกอบรถยนต์ ขั้นตอนของการทำสีตัวถังรถยนต์ส่วนใหญ่จะประกอบด้วยขั้นตอนมาตรฐาน ดังนี้

- การเคลือบฟิล์มฟอสเฟตในกระบวนการเตรียมผิวตัวถัง
- การเคลือบผิวฟิล์มสีพื้น
- การพ่นสีรองพื้น
- การพ่นสีทับหน้า

- การเคลือบฟิล์มฟอสเฟตในกระบวนการเตรียมผิวตัวถัง

วัตถุประสงค์ การเคลือบฟิล์มฟอสเฟต เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติในการยึดเกาะผิวฟิล์มสีและเพิ่มการป้องกันการผุกร่อน ของผิวตัวถังรถยนต์ ฟิล์มฟอสเฟตจะทำการเคลือบหลังจากตัวถังรถยนต์ผ่านการขุ่มล้างทำความสะอาดขจัดน้ำมันออกจากผิวตัวถัง โดยฟิล์มฟอสเฟตจะมีลักษณะเป็นผลึกเรียงตัวกันขึ้นบนผิวตัวถังรถยนต์ ซึ่งสามารถที่จะทำได้โดยการฉีดพ่นหรือจุ่มตัวถังรถยนต์ลงไปในน้ำยาฟอสเฟต โดยทั่วไปน้ำหนักของผิวฟิล์มฟอสเฟตที่เกิดโดยประมาณ 1 - 3 g/m^2 และมีความหนาของผิวฟิล์มประมาณ 1 - 10 μm.

- การเคลือบผิวฟิล์มสีพื้น

วัตถุประสงค์ การเคลือบผิวฟิล์มสีพื้น เป็นสีที่ช่วยในการป้องกันการผุกร่อนบริเวณตัวถังรถยนต์ที่มีประสิทธิภาพ การใช้งานจะใช้งานร่วมกับกลไกทางไฟฟ้า เพื่อนำสีเข้ายึดเกาะกับผิวตัวถังรถยนต์ โดยปกติความหนาของผิวฟิล์มสีพื้นจะอยู่ที่ 15 - 35 μm.

- การพ่นสีรองพื้น

วัตถุประสงค์ ของสีรองพื้นจะทำหน้าที่ในการปรับสภาพพื้นผิวภายนอกของตัวถังรถยนต์ เพื่อเตรียมพร้อมในการพ่นสีทับหน้าต่อไป การพ่นสีรองพื้นจะทำได้โดยการใช้ปืนพ่นสีธรรมดาหรือจะเป็นปืนที่ใช้แรงเหนี่ยวนำไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความประหยัดลดการฟุ้งการกระจายของละอองสี

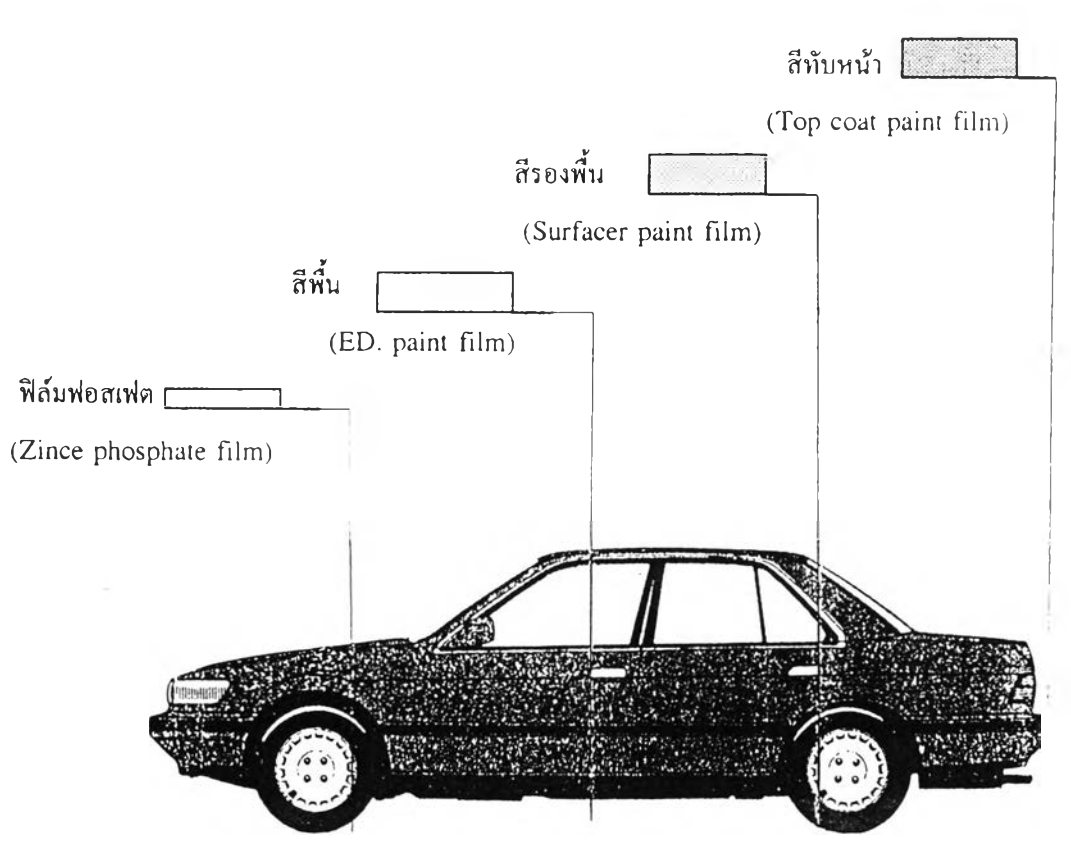
สีรองพื้นจะมีคุณสมบัติช่วยในการยึดเกาะระหว่างผิวฟิล์มสีทับหน้ากับผิวฟิล์มสีพื้น เป็นชั้นผิวฟิล์มสีที่จะช่วยปรับให้ผิวฟิล์มสีทับหน้าราบเรียบขึ้น และช่วยในการป้องกันการผุกร่อนอีกชั้นหนึ่ง โดยปกติสีรองพื้นจะมีความหนาผิวฟิล์มประมาณ 30 - 45 μm.

- การพ่นสีทับหน้า

วัตถุประสงค์ ของการพ่นสีทับหน้าเพื่อความสวยงาม ผิวฟิล์มสีทับหน้าจะเพิ่มความสวยงาม ความเงางาม ที่ปรากฏบนตัวถังรถยนต์ การประยุกต์ใช้งานได้เช่นเดียวกับ การพ่นสีรองพื้น โดยทั่วไปสีทับหน้าจะแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

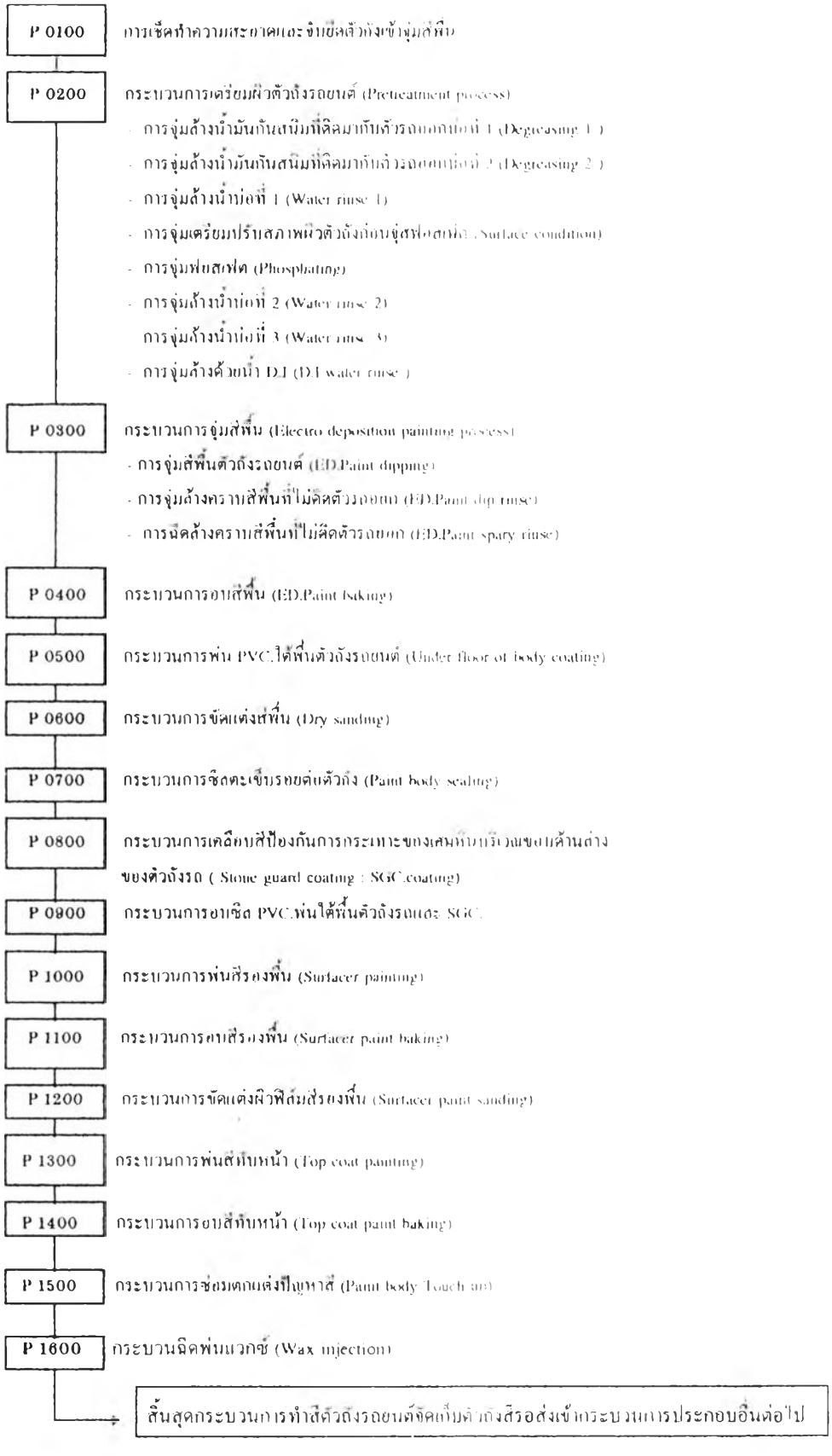
1. สีธรรมดา (Solid paint)
2. สีเมททัลลิก (Metallic paint)

ความหนาของผิวฟิล์มสีทับหน้าจะประมาณ 40-50 μm.

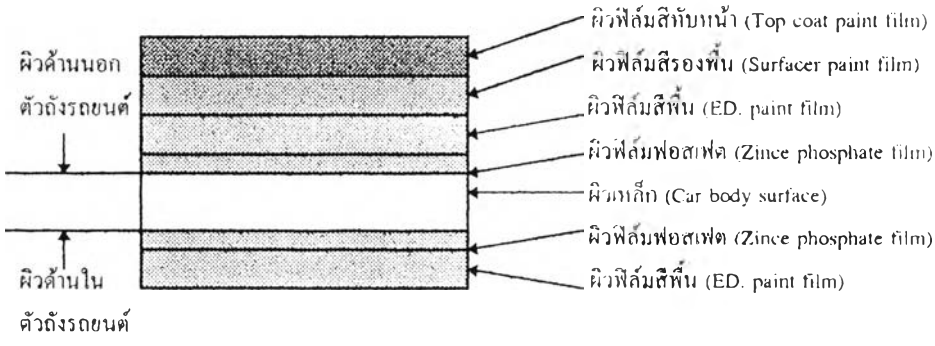


รูปที่ 2.1 แสดงการทำสีบนตัวถังรถยนต์

กระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ของโรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษา



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการไหลของกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์โรงงานตัวอย่าง



รูปที่ 2.3 แสดงชั้นของผิวฟิล์มต่าง ๆ ที่เคลือบอยู่บนผิวตัวถังรถยนต์

2.1 กระบวนการเตรียมผิวตัวถังรถยนต์ (Pretreatment process)

กระบวนการเตรียมผิวตัวถังรถยนต์ ถือว่าเป็นขั้นตอนแรกของการเริ่มต้นกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ โดยนำตัวถังรถยนต์ที่ออกจากกระบวนการประกอบตัวถัง เข้าล้างและทำความสะอาดผิวตัวถังก่อน นำตัวถังรถเข้าสู่กระบวนการต่อไปซึ่งมีความจำเป็นจะต้องเตรียมสภาพผิวตัวถังให้ดีก่อนส่งเข้าขั้นตอนการเคลือบสีพื้น และพ่นสีต่อไป

กระบวนการการเตรียมผิวตัวถังรถยนต์ ของแต่ละโรงงานจะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับอัตราการผลิต ซึ่งในแต่ละสายการผลิตในกระบวนการเตรียมผิวตัวถังของแต่ละโรงงาน จะมีขั้นตอนรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไปตาม อัตราการผลิต การลงทุน และ คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้

โดยกระบวนการเตรียมผิวตัวถังรถยนต์ ในโรงงานที่ทำการศึกษานี้จะประกอบไปด้วยขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 1 (Degreasing 1)
- ขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 2 (Degreasing 2)
- ขั้นตอนการล้างน้ำ 1 (Water rinse1)
- ขั้นตอนการเตรียมปรับสภาพผิวตัวถังรถ (Surface conditioning)
- ขั้นตอนการจุ่มเคลือบฟอสเฟต (Phosphating)
- ขั้นตอนการล้างน้ำ 2 (Water rinse 2)

- ขั้นตอนการล้างน้ำ 3 (Water rinse 3)
- ขั้นตอนการล้างน้ำ D.I water (Deionized water rinse)

2.1.1 ขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 1 (Degreasing 1)

ส่วนประกอบของน้ำมันกันสนิมที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้มาจากปิโตรเลี่ยม ดังนั้นขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดบนตัวถังรถออกจึงไม่ต้องอาศัยปฏิกริยาการเกิดสบู่ แต่จะอาศัยการเคลื่อนไหว ของน้ำยา โดยอาศัยการทำให้น้ำยาที่อยู่ในบ่อจุ่มล้างนี้หมุนเวียนด้วยแรงดันที่แรงพอ และเมื่อน้ำยาที่ใช้ล้างน้ำมันถูกใช้ไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง สิ่งสกปรกต่าง ๆ จะสะสมภายในน้ำยาเพิ่มมากขึ้น เช่น ผงฝุ่น ผงเหล็กที่ติดมากับตัวถังรถ ฉะนั้นค่าที่ใช้ในการควบคุมน้ำยาเคมีที่ผสมอยู่ในบ่อล้างนี้ต้องควบคุมให้อยู่ในค่าที่กำหนด เพื่อประสิทธิภาพในการล้างน้ำมันที่ติดมากับตัวถังรถออกได้มากที่สุด

ค่าที่ใช้ในการควบคุมน้ำยาที่ใช้ในการล้างน้ำ (Degreaser) ที่ติดมากับตัวถังรถออก ดังนี้คือ

1. ค่าด่างอิสระ (Free akali) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเข้มข้นของน้ำยาล้างน้ำมัน ถ้ามีค่าความเข้มข้นน้อยเกินไปจะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการล้างได้ไม่ดี แต่ถ้ามีปริมาณความเข้มข้นมากเกินไปทำให้เกิดความสิ้นเปลืองและจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนถัดไปได้ ตัวอย่าง เช่น น้ำยาล้างน้ำมันนี้จะไปยับยั้งปฏิกริยาการเคลือบของฟิล์มฟอสเฟต ซึ่งเป็นหนึ่งในกระบวนการเตรียมผิวตัวถังเช่นกัน

2. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการล้างน้ำมัน เพราะอุณหภูมิสูงจะทำให้ความหนืดของน้ำมันลดลง ช่วยให้ง่ายต่อการล้างน้ำมันออก โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เป็นตะเข็บรอยต่อของตัวถังรถ ถ้าอุณหภูมิสูงไม่เพียงพอจะทำให้ประสิทธิภาพในการล้างน้ำมันออกไม่ดีพอ แล้วน้ำมันที่ซ่อนอยู่ภายในตะเข็บรอยต่อของตัวถังรถ จะไหลเยิ้มออกมาในขั้นตอนของการอบสีที่เคลือบบนตัวถัง ซึ่งทำให้เกิดปัญหาอีกตามมา

3. เวลา อีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องควบคุมให้เหมาะสม เพื่อให้เพียงพอต่อการทำปฏิกริยาในการล้างน้ำมันออกจากผิวตัวถังรถให้มากที่สุดและต้องไม่นานเกินไป ทำให้เสียเวลาในกระบวนการผลิต ฉะนั้นจึงต้องมีการควบคุมเวลาในการจุ่มล้างนี้ให้เหมาะสม

4. ปริมาณน้ำมันที่สะสมอยู่ในน้ำยาและปริมาณฝุ่นผงต่าง ๆ ต้องมีการควบคุมปริมาณน้ำมันที่ได้ถูกชะล้างออกมาปนกับน้ำยาที่ใช้ชะล้าง รวมถึงสิ่งสกปรกที่ติดมากับตัวถังรถให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม เพราะถ้าปริมาณน้ำมันที่ปนอยู่ในน้ำยาที่ใช้ล้างมากเกินไป การชะล้างตัวถังรถคันถัดไปจะไม่สามารถล้างน้ำมันออกได้ดี รวมถึงสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ในบ่อจุ่มล้างมากขึ้น จะทำให้ผิวตัวถังนั้นสกปรก อันก่อให้เกิดปัญหาในกระบวนการหรือขั้นตอนถัดไป

2.1.2 ขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 2 (Degreasing 2)

เป็นขั้นตอนเดียวกับขั้นตอนการล้างน้ำมันออกจากจากตัวถังรถ (Degreasing1) เนื่องจากในกระบวนการผลิตการจัดลำดับของการจุ่มล้างต้องเหมาะสมตามวัฏจักรเวลา (Circle time) ถ้ามีบ่อจุ่มล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออกเพียงบ่อเดียวจะต้องใช้เวลาในการจุ่มล้างมาก ทำให้วัฏจักรเวลาของกระบวนการเตรียมผิวตัวถังสูงขึ้น อีกทั้งถ้าจัดเวลาในการล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังในบ่อล้างน้ำมันออกจากตัวถังรถในบ่อล้างแรกเพียงบ่อเดียวน้อยเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพในการล้างไม่ดี จากข้อจำกัดดังกล่างจึงมีการออกแบบให้มีการล้างน้ำมันออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยมีค่าที่จะต้องดูแลและควบคุมเหมือนกับ การควบคุมใน ขั้นตอนการล้างน้ำมันที่ติดกับผิวตัวถังรถออก 1

2.1.3 ขั้นตอนการล้างน้ำ 1 (Water rinse1)

ตัวถังรถยนต์เมื่อทำการล้างน้ำมันออกแล้ว น้ำยาเคมีที่ใช้ล้างบางส่วนจะติดค้างมากับตัวถังรถจึงจำเป็นต้องล้างเอาน้ำยาเคมีส่วนเกินเหล่านี้ออกไป เพื่อไม่ให้น้ำยาเคมีส่วนเกินนั้นไปรบกวนการทำงานในขั้นตอนในกระบวนการเตรียมผิวตัวถังอื่น ในการควบคุมการล้างผิวตัวถังด้วยน้ำนี้จะมีการควบคุมมิให้ค่าน้ำล้างนั้นมีสิ่งปนเปื้อนของน้ำยาที่ติดมากับตัวถังรถมากเกินไป โดยจะต้องมีการเติมน้ำใหม่ลงไปใน บ่อล้างน้ำ 1 ตลอดเวลา

2.1.4 ขั้นตอนการเตรียมปรับสภาพผิวตัวถังรถ (Surface conditioning)

เป็นขั้นตอนในการปรับสภาพผิว ด้วยน้ำยาปรับสภาพผิว (Surface conditioner) ซึ่งจะช่วยให้การสร้างผลึกของสังกะสีฟอสเฟตมีผลึกที่ละเอียด และช่วยในการควบคุมความหนาของการเคลือบให้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ดังนั้นขั้นตอนการปรับสภาพผิวนี้จึงมีผลต่อคุณภาพการเคลือบฟอสเฟต ขั้นตอนการเตรียมปรับสภาพผิวตัวถังรถที่มีการควบคุม คือ

1. คุณภาพของน้ำที่ใช้ในการผสมน้ำยาปรับสภาพผิว ถ้าน้ำที่ใช้มีความสกปรกมากทำให้น้ำยาปรับสภาพผิวนั้นหมดอายุการใช้งานเร็ว การใช้งานจึงมีการเติมน้ำใหม่เข้าแทนที่น้ำในบ่อตลอดเวลาเพื่อรักษาระดับคุณภาพของน้ำยาที่ใช้ให้เหมาะสมอยู่เสมอ

2 การควบคุมค่าความเป็นกรดความเป็นด่าง pH และค่า Titanium content ให้อยู่ในภาวะน้ำยาปรับสภาพผิวที่ดี คือ ควบคุมค่า pH อยู่ที่ 8.5-9.5 และ มีค่า Titanium content มากกว่า 5 ppm. ถ้าค่าใดค่าหนึ่งผิดไปจากนี้แล้วน้ำยาปรับสภาพผิวที่ใช้จะมีประสิทธิภาพไม่ดีเท่าที่ควร อันจะส่งผลให้ขั้นตอนการเคลือบสังกะสีฟอสเฟตต่อไป

2.1.5 ขั้นตอนการจุ่มเคลือบฟอสเฟต (Phosphating)

วิธีในการเคลือบฟอสเฟตบนผิวตัวถังรถยนต์ทำได้หลายวิธี ในกระบวนการผลิตหนึ่ง ๆ และอาจใช้หลายวิธีการผสมผสานกันขึ้นอยู่กับความเหมาะสม เช่น ลักษณะของชิ้นงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้รวมทั้งจำนวนและอัตราการผลิตที่ต้องการ อันเป็นตัวชี้ในการนำเอาระบบวิธีการที่เหมาะสมมาใช้งาน การเคลือบฟิล์มฟอสเฟตในกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ มีค่าที่ใช้ในการควบคุมน้ำยาที่ใช้ในการจุ่มเคลือบฟอสเฟต ดังนี้ คือ

1. ค่าความเข้มข้นของน้ำยาฟอสเฟตที่ผสมอยู่ในบ่อ ให้เหมาะสมไม่ต่ำหรือสูงเกินไป โดยปกติจะสังเกตุได้จากการวัดค่าปริมาณกรดที่ผสมอยู่ในน้ำยา ต้องไม่มากเกินไปจนไปรบกวนต่อการทำปฏิกริยา ทำเกิดการกัดกร่อนมาก และจะเกิดสนิมเหลืองบนตัวรถได้

2. การควบคุมค่าของตัวเร่งปฏิกริยา (Accelerator) ซึ่งตัวเร่งปฏิกริยาเป็นสิ่งสำคัญมากในกระบวนการเคลือบฟอสเฟตมีผลโดยตรงต่อคุณภาพฟิล์มที่ได้ ถ้าค่าตัวเร่งปฏิกริยามีค่าต่ำจะทำให้เกิดสนิมขณะเคลือบได้ แต่ถ้าสูงเกินไปสภาพฟิล์มที่เกิดขึ้นก็จะไม่เป็นระเบียบและทำให้เกิดตะกอนในน้ำยาเคมีมาก

3. อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อการทำปฏิกริยา เพราะถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดปฏิกริยาได้เร็วขึ้นอย่างไรก็ตามอุณหภูมิสูงก็มิใช่สิ่งดีเสมอไปเพราะปฏิกริยาที่เกิดยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก

4. เวลา อีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องควบคุมให้เหมาะสมให้เพียงพอต่อการทำปฏิกริยาในการสร้างฟิล์มฟอสเฟตบนผิวตัวถังรถและต้องไม่นานเกินไปทำให้เสียเวลาในกระบวนการผลิต จึงต้องมีการควบคุมเวลาในการจุ่มเพื่อให้ได้น้ำหนักของผิวฟิล์มฟอสเฟตที่เคลือบอยู่ในค่าที่ต้องการ

การทำปฏิกริยาทางเคมีของการจุ่มสังกะสีฟอสเฟต ดังนี้

สังกะสี (Zinc) ที่ละลายอยู่ในน้ำยาฟอสเฟต จะเกิดเป็น Zinc primary phosphate [$Zn(H_2PO_4)_2$] และ Zinc secondary phosphate [$ZnHPO_4$] ซึ่งไม่เสถียรแล้วเกิดปฏิกริยาต่อเป็น Zinc tertiary phosphate [$Zn_3(PO_4)_2$] ซึ่งเป็นฟิล์มเคลือบอยู่บนชิ้นงาน ตามสมการต่อไปนี้

ขั้นที่ 1

$$Fe + 2H_3PO_4 \longrightarrow Fe(H_2PO_4)_2 + H_2$$

(ผิวตัวถังรถ) (ค่ากรดอิสระ FREE ACID)

ACCELERATOR
(ตัวเร่งปฏิกริยา)
(OXIDIZER)

$$FePO_4 + H_3PO_4 + 1/2H_2O$$

(SLUDGE)

ขั้นที่ 2

$$3Zn(H_2PO_4)_2 \xrightarrow[\text{HEAT}]{\text{ACCELERATOR}} 3\,ZnHPO_4 + 3\,H_3PO_4$$

(ค่ากรดทั้งหมด TOTAL ACID) (UNSTABLE)

ACCELERATOR
HEAT

$$Zn_3(PO_4)_2 + H_3PO_4$$

(องค์ประกอบส่วนใหญ่ของฟิล์มฟอสเฟต)

นอกจากตัวเร่งปฏิกริยาแล้ว เห็นได้ว่าความร้อนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกริยาการเคลือบที่สมบูรณ์ยิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้การเกิดปฏิกริยาได้เร็วขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นมาก ๆ ก็มิใช่จะเป็นสิ่งที่ดีเสอมไป เพราะปฏิกริยายังคงต้องขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ อีกด้วยตามมา

2.1.6 ขั้นตอนการล้างน้ำ 2 (Water rinse 2)

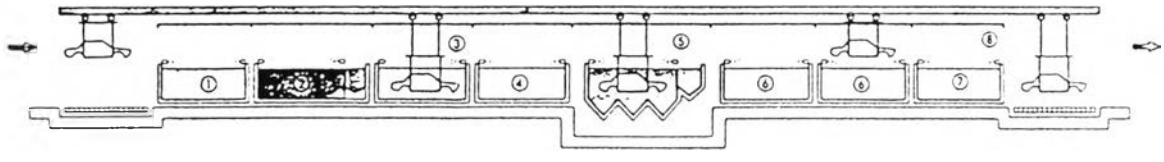
ตัวถังรถยนต์เมื่อทำการจุ่มฟอสเฟตแล้ว น้ำยาเคมีที่ใช้ในขั้นตอนของการจุ่มฟอสเฟตบางส่วนจะติดค้างมากับตัวถังรถจึงจำเป็นที่ต้องล้างเอาน้ำยาเคมีส่วนเกินเหล่านี้ออกไป เพื่อไม่ให้น้ำยาเคมีส่วนเกินไปรบกวนการทำงานในขั้นตอนในกระบวนการเตรียมผิวตัวถังอื่น การควบคุมในขั้นตอนการล้างน้ำ 2 จะมีการควบคุมมิให้น้ำล้างมีสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับตัวถังรถมากเกินไป

2.1.7 ขั้นตอนการล้างน้ำ 3 (Water rinse 3)

เป็นขั้นตอนการจุ่มล้างตัวถังรถที่ผ่านจากขั้นตอนการจุ่มฟอสเฟต ให้สะอาดมากขึ้นอีก โดยน้ำที่ใช้ในการล้างในบ่อจุ่มล้างน้ำ 3 นี้มีการปนเปื้อนของสารเคมีที่ติดมากับตัวถังรถน้อยกว่าในบ่อจุ่มล้างน้ำ 2 ทำให้ตัวถังรถที่ผ่านการล้างในขั้นตอนนี้สะอาดกว่าการล้างที่แล้ว

2.1.8 ขั้นตอนการล้างน้ำ D.I water (Deionized water rinse)

การล้างตัวถังรถด้วยน้ำ D.I.water ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ต้องเข้มงวดคุณสมบัติของน้ำที่จะนำมาใช้ล้างที่มีการปนเปื้อนน้อยที่สุด โดยดูจากการควบคุมค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ที่จะใช้ล้างให้ต่ำตามที่กำหนด เพราะถ้าน้ำที่ใช้ล้างตัวถังรถในขั้นตอนนี้มีค่าการนำไฟฟ้าสูง จะเป็นการบอกให้ทราบว่าน้ำล้างนี้เริ่มมีสารปนเปื้อนเข้ามามาก ตัวถังรถที่ผ่านการล้างออกไปก็จะไม่สอาดเพียงพอ อันส่งผลทำให้เกิดปัญหาในการเคลือบสีพื้นในกระบวนการถัดไป



หมายเลข 1. = บ่อล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 1.

2. = บ่อล้างน้ำมันที่ติดบนผิวตัวถังรถออก 2.

3. = บ่อล้างน้ำ 1.

4. = บ่อเตรียมปรับสภาพผิวตัวถังรถ

5. = บ่อจุ่มเคลือบฟอสเฟต

6. = บ่อล้างน้ำ 2

7. = บ่อล้างน้ำ 3.

8. = บ่อล้างน้ำ D.I.water

รูปที่ 2.4 บ่อจุ่มต่าง ๆ ตามขั้นตอนในกระบวนการเตรียมผิวตัวรถยนต์

2.2 กระบวนการจุ่มสีพื้น (Electro deposition coating process)

ตัวถังรถยนต์ทั่วไปประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็ก ซึ่งมีความแข็งแรงในการรักษารูปทรง แต่ไม่สามารถทนต่อการกัดกร่อนจากสภาพแวดล้อม อีกทั้งยังไม่เกิดความสวยงาม ในขั้นตอนของกระบวนการจุ่มสีพื้น เป็นส่วนที่เน้นในเรื่องของการป้องกันการผุกร่อนบนผิวตัวถังรถยนต์ เดิมนั้นการทำสีตัวถังรถยนต์ จะใช้การเตรียมผิวตัวถังรถยนต์แล้วนำเข้าพ่น สีรองพื้น (Surfacer painting) และนำเข้าพ่นสีทับหน้า (Top coat painting) ต่อไปถ้ามองโดยภายนอก จะเห็นว่าตัวถังสีรถยนต์นั้นไม่มีอะไรแตกต่างกับรถที่ผลิตออกมาจาก กระบวนการทำสีรถยนต์ในปัจจุบัน

สิ่งหนึ่งที่แตกต่างระหว่างตัวสีที่ไม่มีการจุ่มสีพื้นกับการที่มีการจุมสีพื้น คือ ภายในซอกมุมจุดอับภายในตัวถังรถยนต์ไม่สามารถที่จะป้องกันการเกิดการผุกร่อนได้ และจุดนี้เองก็จะลามออกมาสร้างปัญหาให้กับผิวตัวถังรถในส่วนอื่น จนมีผู้ที่คิดค้นวิธีการที่จะป้องกันการเกิดการผุกร่อนในจุดดังกล่าวโดยการนำเอาตัวถังรถยนต์ทั้งคันลงจุ่มในบ่อสี เพื่อให้สีที่ใช้เป็นวัสดุป้องกันชะลอการเกิดการผุกร่อนสามารถที่จะเข้าไปเคลือบภายในจุดอับซอกมุมต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่ากระบวนการจุ่มสีพื้นโดยใช้หลักการทางเคมี และไฟฟ้า มาประยุกต์รวมกันเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ ในการใช้งาน

สีที่ใช้ในกระบวนการจุ่มสีพื้น คือ สีที่ใช้ในการชุบเกาะยึดบนผิวตัวถังรถยนต์โดยมีกระแสไฟฟ้าเป็นสื่อและน้ำเป็นองค์ประกอบ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเข้าไปแยกสีออกจากน้ำที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายเข้าเกาะยึดกับตัวถังรถยนต์ โดยปัจจุบันวิธีการจุ่มชุบสีบนตัวถังรถยนต์วิธีการนี้ถือว่าเป็นวิธีที่ดีที่สุดเหมาะกับตัวถังรถยนต์ที่จะมีโครงสร้างซับซ้อน และเหมาะสำหรับปริมาณการผลิตที่มีจำนวนมากไม่เหมาะสมกับปริมาณการผลิตที่มีจำนวนน้อยเกินไป เพราะเราจะต้องมีการลงทุนในเรื่องเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องจักรค่อนข้างสูง

สีพื้น (Electro deposition paint : ED.Paint) โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Cathodic electro deposition paint (CED.Paint)

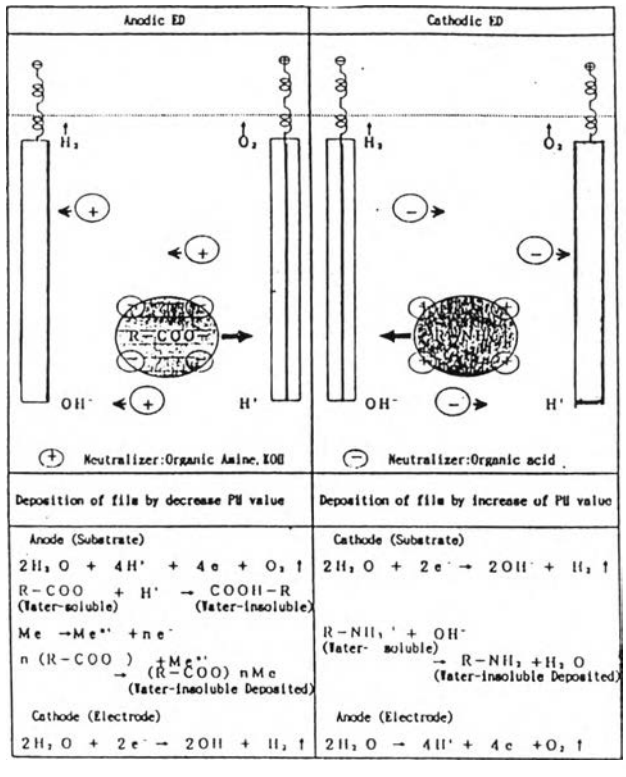
2. Anodic electro deposition paint (AED.Paint)

โดยสี CED.Paint เป็นสีที่พัฒนามาจาก AED. Paint ตั้งแต่ คศ. 1777 และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นมาตลอด

2.2.1 กลไกของวิธีการจุ่มสีพื้น (Electro deposite coating machanism)

การจุ่มสีพื้นจะต้องนำสีมาผสมทำละลายด้วยน้ำ แล้วทำการผ่านกระแสไฟ ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ ไฟฟ้ากระแสตรง ในการจุ่มสีพื้นเพื่อที่จะให้ประจุไฟฟ้าเป็นตัวนำสีเข้ายึดเกาะกับตัวชิ้นงาน

สีพื้นที่เป็นประเภท CED. Paint ตัวชิ้นงานหรือตัวถังรถยนต์จะถูกติดตั้งและจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นขั้วลบส่วนขั้วบวกจะถูกติดตั้งอยู่ขอบบ่อสี โดยมีสีกั้นระหว่างกลางขั้วทั้งสองส่วน ในกรณีของสีที่เป็นประเภท AED. Paint ตัวชิ้นงานหรือตัวถังรถยนต์จะถูกติดตั้งและจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นขั้วบวกส่วนขั้วลบจะถูกติดตั้งอยู่ขอบบ่อสีพื้น โดยมีสีกั้นระหว่างกลางขั้วทั้งสอง



*** หมายเหตุ กรณีศึกษาของโรงงานตัวอย่างใช้สีพื้นประเภท CED.Paint

รูปที่ 2.5 แสดงกลไกการจุ่มสีพื้นที่เป็นประเภท AED. Paint และ CED. Paint

AED. Paint สีพื้นซึ่งประกอบด้วยเนื้อสี , เรซิ่น และส่วนประกอบ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกเป็นตัวนำ จะเคลื่อนที่ไปสู่ขั้วลบที่ตัวชิ้นงาน

Electro deposition คือ อิเลคตรอนของสีจะเกาะติดกับตัวชิ้นงานที่จุ่มชุบลงในบ่อสีพื้นซึ่งต้องมีคุณสมบัติที่ไม่เป็นตัวความต้านทานที่กระไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านจนครบวงจรได้

AED. Paint อิเลคตรอนของสีที่เป็นประจุลบจะเกาะติดกับวัตถุที่จุ่มในบ่อสี ที่เป็นขั้วบวก สีที่ถูกชักนำโดยอิเลคตรอนจะสูญสิ้นอำนาจแรงอัดของประจุไฟฟ้าลบที่ขั้วบวก และไม่สามารถละลายกลับไปในน้ำนั่นคือ สีที่เกาะตัวบนผิวของชิ้นงานซึ่งเป็นขั้วบวกจะเสริมสร้างกันเป็นผิวฟิล์มสี ที่ยึดติดแน่นสามารถที่จะล้างน้ำได้หลังจากจุ่มสีแล้วโดยสีไม่หลุดส่วน CED. Paint กลไกจะตรงกันข้ามกับ AED. Paint

จากที่กล่าวมาแล้วระบบการจุ่มสีพื้นด้วยไฟฟ้า คือ การนำเอาไฟฟ้ามาช่วยในการเคลือบสี คล้ายกับเทคโนโลยีการชุบผิวโลหะ ซึ่งโดยหลักการการจุ่มสีพื้นด้วยไฟฟ้าคล้ายกับ การชุบโครเมียม หรือ การชุบทอง แต่มีส่วนที่แตกต่างกันคือ การชุบผิวโลหะจะให้สารละลายจากปฏิกิริยาเคมีไปเกาะกับผิวของโลหะที่ชุบ แต่การชุบสีพื้นด้วยไฟฟ้าจะใช้สีที่ละลายอยู่ในน้ำเข้ายึดเกาะที่ชิ้นงานหรือตัวถังรถแทน ทำให้ได้ความหนาของผิวฟิล์มสม่ำเสมอและทั่วทุกซอกมุม

จากทฤษฎีเบื้องต้นทางไฟฟ้าที่ว่า กระแสไฟฟ้าที่ขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกันและจากทฤษฎีนี้เราสามารถนำมาอธิบายได้ว่า ทำไมเนื้อสีถึงสามารถเข้าไปเกาะที่ตัวถังรถยนต์ได้

ขั้วเหมือนกันจะผลักกัน ขั้วต่างกันจะดูดกัน

รูปที่ 2.6 แสดงการทำงานของขั้วไฟฟ้า

ระบบสี AED.Paint โดยเหตุผลที่มีอณูของเนื้อสีมีธาตุเป็นลบ (-) ดังนั้นเมื่อต่อกระแสไฟฟ้าที่เป็นขั้วบวก (+) เข้าที่ตัวโลหะที่ต้องการชุบธาตุของเนื้อสีก็จะวิ่งเข้าหาตัวชิ้นงานที่เป็นขั้วบวก (+) ต่ออยู่และนำพาเนื้อสีเข้าไปเกาะกับชิ้นงานนั่น ๆ

ระบบสี CED. Paint โดยเหตุผลที่มีอณูของเนื้อสีมีธาตุเป็นบวก (+) ดังนั้นเมื่อต่อกระแสไฟฟ้าที่เป็นขั้วลบ (-) เข้าที่ตัวโลหะที่ต้องการชุบ ธาตุของเนื้อสีก็จะวิ่งเข้าหาตัวชิ้นงานที่เป็นขั้วลบ (-) ต่ออยู่และนำพาเนื้อสีเข้าไปเกาะกับชิ้นงานนั้น ๆ

ข้อดีในการจุ่มสีพื้น คือ โดยปกติเนื้อสีจะมีความต้านทานไฟฟ้าอยู่เมื่อเนื้อสีเข้าเกาะกับตัวถังรถยนต์ จนได้ความหนาของผิวฟิล์มที่ระดับหนึ่ง เนื้อสีก็จะหยุดการเข้ายึดเกาะบริเวณจุดที่มีความหนาของผิวฟิล์มสีเพียงพอ แต่จะไปเกาะในบริเวณส่วนที่ผิวฟิล์มสีที่ยังบางอยู่แทน ทำให้ได้ความหนาของผิวฟิล์มสีที่มีความหนาเท่ากันและเรียบสม่ำเสมอกันเกือบทุกจุด

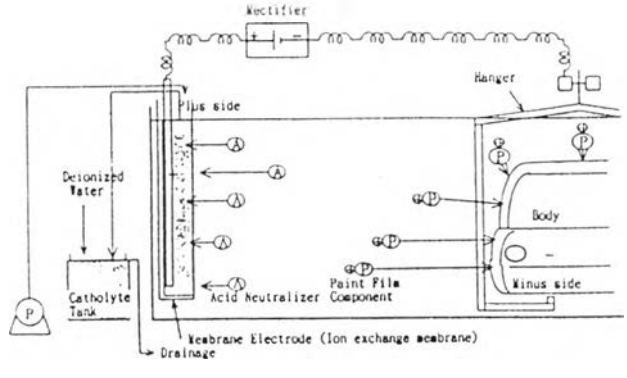
อีกจุดหนึ่งที่เป็นข้อดีของระบบการจุ่มสีพื้น คือ การสูญเสียของสีในระบบน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับการทำสีด้วยวิธีการอื่น โดยในระบบจะมีการนำเอาสีส่วนเกินที่ไม่ติดตัวรถกลับคืนที่เรียกว่า ระบบการนำสีกลับ (Recovery System) ซึ่งจะต้องมีอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการกรองที่ละเอียดสูงมากในการแยกสีและน้ำออกจากกัน

โดยทั่วไปกระบวนการจุ่มสีพื้นด้วยไฟฟ้านั้นจะประกอบไปด้วย

- ขั้นตอนการจุ่มสีพื้น
- ขั้นตอนการจุ่มล้างสีส่วนเกินออก
- ขั้นตอนการฉีดล้างสีส่วนเกินออก

2.2.2 ขั้นตอนการจุ่มสีพื้น

เป็นขั้นตอนที่ประกอบด้วยอุปกรณ์เป็นจำนวนมาก มีการลงทุนในบ่อสีนี้ทั้งในตัวของเครื่องมืออุปกรณ์รวมทั้งตัวเนื้อสีที่บรรจุอยู่ในบ่อสีนี้ค่อนข้างสูงมาก ตามปกติอุปกรณ์ในบ่อสีจะประกอบด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการจุ่มสีพื้น

1. อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า (Rectifier) ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสไฟฟ้าสลับมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง แล้วทำการป้อนจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่ขั้วไฟ แต่ละขั้ว เพื่อให้สีเข้าเกาะตัวชิ้นงาน

2 ระบบการไหลเวียนของสีในบ่อ เนื่องจากสีพื้นที่ใช้มีน้ำเป็นองค์ประกอบ การผสมสีกับน้ำและการให้สีมีความเข้มข้นกันสม่ำเสมอทั้งบริเวณบ่อต้องมีอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการไหลเวียนภายในบ่อสี เพื่อป้องกันมิให้เนื้อสี,น้ำและองค์ประกอบเกิดการแยกตัวออกจากกัน จนสีเกิดตกตะกอน รวมทั้งการเชื่อมต่อกับระบบการนำสีส่วนเกินที่ติดกับตัวถังรถไปกลับสู่บ่อสีพื้น

3. ตัวโครงสร้างของบ่อสีพื้น ต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรองรับน้ำหนักของสี รวมทั้งมีการเตรียมเคลือบฉนวนป้องกันกระแสไฟฟ้าให้ทั่วถึงกันทั้งบ่อ ป้องกันมิให้ กระแสไฟฟ้าทำอันตรายกับอุปกรณ์นี้หรือบุคคลที่ปฏิบัติงานอยู่ใกล้

4. อุปกรณ์ช่วยในการกรองสีที่ผสมอยู่ในบ่อสีพื้น เนื่องจากการจุ่มสีพื้นจะมีสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาที่ไม่ให้เข้าไปเกาะที่ตัวถังรถยนต์ การมีระบบการกรองสีเพื่อป้องกันมิให้เนื้อสีที่จับเป็นกลุ่มเม็ดฝุ่นผงที่ผสมอยู่ในเนื้อสี หรือสิ่งแปลกปลอมให้ถูกกำจัดออกไป โดยผ่านระบบการกรองที่มีประสิทธิภาพภายในการกรองค่อนข้างสูง

5. รวมทั้งอุปกรณ์ที่ช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของบ่อสีให้คงที่ เพราะเมื่อมีการจุ่มสีเกิดขึ้น ก็จะเกิดความร้อนตามมา จึงจำเป็นต้องควบคุมมิให้อุณหภูมิของสีสูงเกินไป

2.2.3 ขั้นตอนการจุ่มล้างสีส่วนเกินออก

ปกติเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าจุ่มสีในบ่อสีพื้นนั้น เมื่อสีได้สร้างผิวฟิล์มได้ความหนาที่ระดับหนึ่งผิวฟิล์มจุดนั้นก็จะเกิดความต้านทานเพิ่มมากขึ้นจนสีไม่เกาะติดอีก และจะมีสีบางส่วนเกาะอยู่บริเวณจุดนั้นรวมทั้งขังอยู่ในตามจุดอับ ทำให้สีส่วนนี้ติดไปกับตัวถังรถจำนวนหนึ่งเรียกว่าสีส่วนเกิน ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องมีการล้างสีส่วนเกินนี้ออก โดยตัวถังจะถูกจุ่มล้างลงไปในบ่อจุ่มล้างที่มีน้ำเป็นตัวชะล้างสีส่วนเกินออกจากผิวตัวถังรถโดยที่ไม่กระทบต่อผิวฟิล์มเดิมที่เกาะอยู่ ยิ่งถ้ามีระบบการล้างที่สมบูรณ์เหมาะสม ปัญหารอยคราบสีพื้นที่จะเกิดบนผิวตัวรถก็จะน้อยลง

2.2.4 ขั้นตอนการฉีดล้างสีส่วนเกินออก

เป็นขั้นตอนการล้างอีกขั้นตอนหนึ่งต่อจากบ่อจุ่มล้างสีส่วนเกินที่ผ่านมา เพราะคุณภาพการล้างที่ออกจากการล้างที่ขั้นตอนนี้จะดีขึ้น เพราะความเข้มข้นของสีส่วนเกินที่สะสมอยู่ในบ่อนี้น้อยกว่า ทำให้การล้างผิวตัวถังรถ นำเอาสีส่วนเกินออกได้สะดวกขึ้น

นอกจากนี้ในระบบการจุ่มสีพื้นรถยนต์ด้วยไฟฟ้ายังมีการเพิ่มระบบการล้าง เพิ่มเติมขึ้นแตกต่างกันออกไปอีก ค่าที่เราใช้ในการควบคุมภายในขั้นตอนการจุ่มสีพื้น มีดังนี้

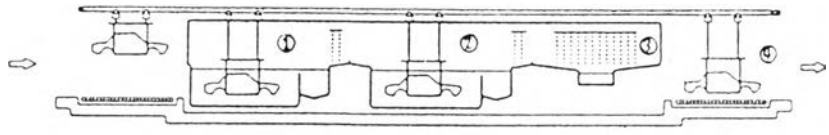
1. ค่าปริมาณสารที่ไม่ระเหย (Nonvalatile content) จะเป็นตัวชี้ชัดว่าภายในบ่อสีพื้นมีสัดส่วนของสีที่ผสมอยู่ในบ่อสีเป็นปริมาณเท่าใด โดยปกติเราจะควบคุมให้สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่เราต้องการมิให้สูงหรือต่ำเกินไป

2. ค่า เนื้อสี (Ash content) จะเป็นตัวชี้ชัดว่าภายในบ่อสีพื้นมีสัดส่วนของเนื้อสีผสม อยู่ในบ่อสีเป็นปริมาณเท่าใด โดยปกติเราจะควบคุมให้สัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่เราต้องการมิให้สูงหรือต่ำเกินไป

3. ค่าปริมาณกรดที่อยู่ในเนื้อสีในบ่อ เป็นตัวควบคุมการละลายตัวของสีอีกทั้งยังมีส่วนช่วยในการยึดเกาะและการล้างของสี

4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ต้องมีการปรับให้สัมพันธ์กับตัวชิ้นงานที่จุ่มรวมถึงระยะเวลาที่ใช้จุ่ม เพราะความหนาของผิวฟิล์มสีพื้นจะขึ้นต่อ กระแสไฟฟ้า ที่ใช้และเวลาที่จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่ตัวชิ้นงาน โดยปกติแรงเคลื่อนและกระแสไฟฟ้าจะมีความสัมพันธ์กัน

5. อุณหภูมิของบ่อสีพื้น ต้องมีการควบคุมให้อุณภูมิของบ่อสีคงที่ตลอดเวลา เพราะขณะที่มีการจุ่มสีนั้น อุณหภูมิภายในบ่อสีจะสูงขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้า และความร้อนจากสภาวะแวดล้อมบริเวณทำงาน จำเป็นต้องมีการควบคุมมิให้อุณหภูมิของสีในบ่อสูงเพราะจะทำให้ความหนืดของสีเปลี่ยนแปลงไป คุณสมบัติของสีจะเปลี่ยนไป



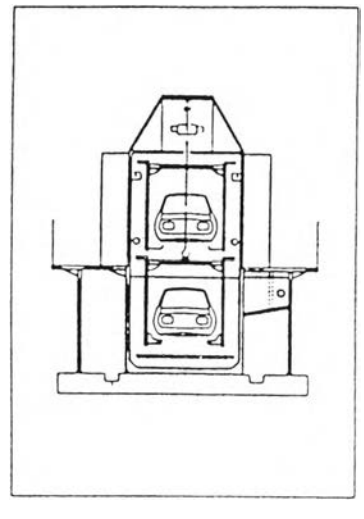
หมายเลข 1. = บ่อจุ่มสีพื้น

2. = บ่อจุ่มล้างสีส่วนเกินออก

3. = บ่อฉีดล้างสีส่วนเกินออก

4. = การฉีดล้างสีส่วนเกินออก

รูปที่ 2.8 บ่อจุ่มต่าง ๆ ตามขั้นตอนในกระบวนการจุ่มสีพื้น



ลักษณะของอุปกรณ์จะทำงานโดยอัตโนมัติในการจุ่มตัวถังรถยนต์ในแต่ละบ่อ

รูปที่ 2.9 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่ายตัวถังรถยนต์เข้าจุ่มในกระบวนการเตรียมผิวตัวถังรถยนต์ และ การจุ่มสีพื้น

2.3 กระบวนการพ่นสีรองพื้น (Surfacer paintig process)

สี (Paint) หมายถึง ของเหลวชนิดหนึ่งที่สามารถให้การเคลือบพื้นผิวใด ๆ เมื่อแห้งแล้วจะให้ผิวฟิล์มที่ต่อเนื่องและติดแน่นบนพื้นผิวนั้น ๆ

สีรองพื้น (Surfacer paint) เป็นสีพ่นบนตัวถังรถยนต์ที่พ่นหลังจากตัวถังรถยนต์ผ่านขั้นตอนการทำสีพื้นมาแล้ว ซึ่งตัวถังสีพื้นเพียงอย่างเดียวสภาพความราบเรียบที่ได้ยังไม่ดี ไม่พร้อมที่จะนำเข้าไปพ่นสีทับหน้า (Top coat paint) โดยเปรียบเทียบระหว่างการพ่นสีทับหน้าลงบนผิวฟิล์มสีพื้นกับการพ่นสีทับหน้าลงบนผิวฟิล์มสีรองพื้น ผลที่ได้จากการพ่นสีทับหน้าลงบนผิวฟิล์มสีรองพื้น จะให้ผลที่ดีกว่า เพราะผิวฟิล์มสีรองพื้นจะมีส่วนช่วยในการปรับสภาพพื้นผิวตัวถังรถยนต์ให้ราบเรียบขึ้น และยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มความต้านทานต่อการผุกร่อนของตัวถังรถยนต์เพิ่มขึ้นด้วย ฉะนั้นขั้นตอนการพ่นสีรองพื้นจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีก ขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์

2.3.1 องค์ประกอบของสี

สีมีองค์ประกอบที่สำคัญอยู่ 4 องค์ประกอบ ดังนี้

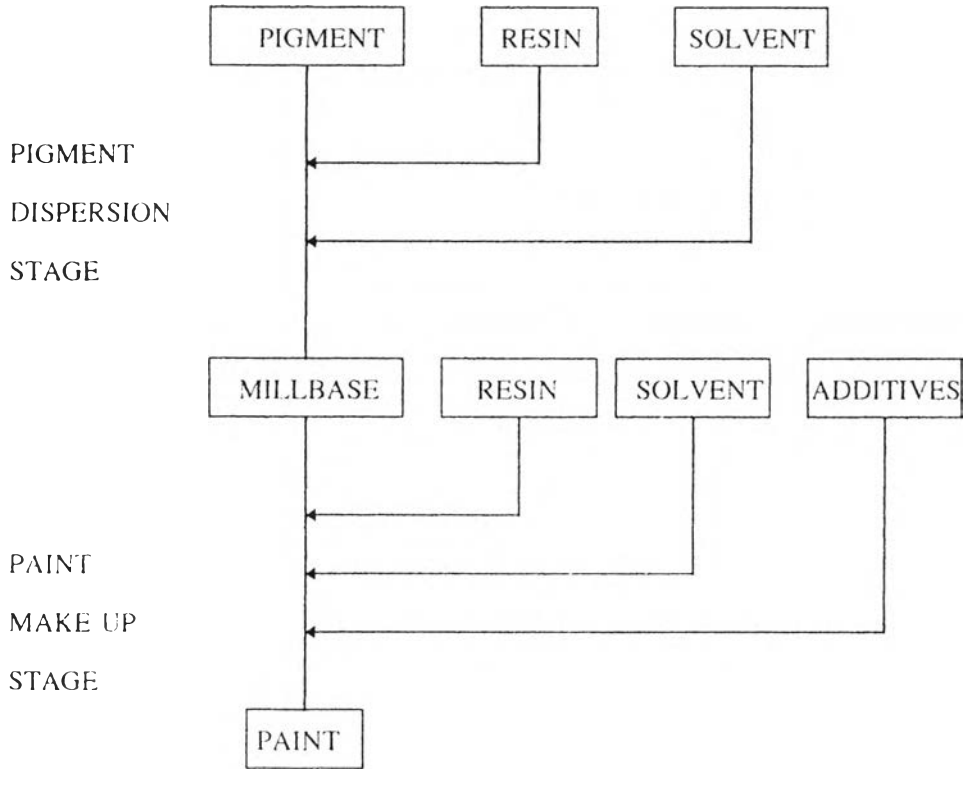
1. ผงสี (Pigment) เป็นองค์ประกอบของสีที่เห็นได้ชัดปกติผงสีจะเป็นของแข็งที่บดละเอียดจนมีขนาดเล็กมาก ผงสีจะไม่ละลายในตัวทำให้เกิดฟิล์ม (องค์ประกอบที่ 2) และในตัวทำละลาย (Solvent) ผงสีทำให้เกิด สี (Color) สีเขียว,สีแดง,สีเหลือง เป็นต้น และสามารถบดบังสิ่งที่เราพ่นหรือทาจนมิด นอกจากนั้นผงสียังทำหน้าที่ในการ ต้านทานต่อการผุกร่อน ทำให้เกิดความเงางาม เป็นการสร้างหรือเพิ่มมูลค่าให้กับตัวชิ้นงานที่ทำการพ่นสีนั้น ๆ อีกด้วย

2. ตัวทำให้เกิดฟิล์ม (Binder) เป็นอีกองค์ประกอบที่สำคัญ เพราะเมื่อทาหรือพ่นสีลงบนชิ้นงานองค์ประกอบตัวนี้จะเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่เกาะติดแน่นอยู่ที่พื้นผิวชิ้นงานโดยยึดเอาผงสี ไว้ในฟิล์มบาง ๆ นี้ องค์ประกอบนี้โดยทั่วไปเรียกว่า เรซิ่น (Resin) ซึ่งส่วนมาเป็นสารที่ได้จากการสังเคราะห์ ตัวอย่างเช่น Acrylic resin , Polyurethane เป็นต้น ลักษณะเด่นขององค์ประกอบนี้ คือ ช่วยทำให้เกิดความเงางาม ความแข็ง และความทนทานต่อสภาพแวดล้อม

3. ตัวทำละลาย (Solvent) เป็นตัวทำละลายที่เป็นของเหลวที่ใส่ลงไปในสี เพื่อช่วยให้องค์ประกอบที่ 1 และ 2 ละลายเข้าด้วยกัน และได้ความข้นเหลวตามการใช้งาน ตัวทำละลายเมื่อทาหรือพ่นสีลงบนชิ้นงาน โดยส่วนใหญ่แล้วตัวทำละลายจะระเหยออกไป สำหรับการพ่นสีรถยนต์ตัวทำละลายที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ ทินเนอร์ (Thinner)

4. สารเติมพิเศษ (Additives) องค์ประกอบนี้เป็นสารพิเศษที่ใส่เข้าไปในสี เพื่อให้สีมีคุณสมบัติพิเศษบางประการที่ผู้ใช้งานต้องการ เช่น ต้องการให้ผิวฟิล์มแห้งเร็วขึ้น ช่วยกลบรอยพื้นผิวที่ไม่ดี เป็นต้น สารเติมพิเศษนี้ ผู้ผลิตสีแต่ละบริษัทจะเป็นผู้คิดค้นและจะมีสูตรที่ปกปิดเป็นความลับ

ในการผลิตสีของผู้ผลิตสีจะนำเอาองค์ประกอบต่าง ๆ มาผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยผ่านการผสมให้ผงสีกระจายผสมเข้ากับเข้ากับ เรซิ่น และตัวทำละลาย โดยให้ผงสีเป็นเม็ดเล็ก ๆ แยกออกจากกันไม่เกาะรวมตัวกันโดยมี เรซิ่น เป็นตัวยึดกั้นเอาไว้จากนั้นก็เติม เรซิ่น และตัวทำละลาย เพิ่มเติมลงไป รวมทั้งสารเติมพิเศษผสมให้เข้ากัน โดยมีเครื่องจักรอุปกรณ์เข้าช่วยในการผสมที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.10 แสดงขั้นตอนการผลิตสี

ขั้นตอนแรกเป็นการกระจายอนุภาคของผงสี (Pigment disperion stage) แล้วตามด้วยขั้นตอนการปรับแต่งสีให้ได้ตามคุณสมบัติ (Paint make up stage) ในขั้นตอนนี้จะรวมถึง การควบคุมคุณภาพ การปรับแต่งสีให้ได้ตามมาตรฐาน และการบรรจุสีลงในภาชนะ

การนำสีที่ผลิตได้ไปใช้งานในกระบวนการพ่นสี ในขั้นตอนของการผสมสีทางผู้ใช้งานไม่สามารถที่จะนำสีที่ผู้ผลิตส่งให้เข้าใช้งานได้ ต้องมีการปรับค่าความหนืดให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน โดยการปรับแต่งด้วยตัวทำละลายหรือทินเนอร์

2.3.2 กระบวนการพ่นสีรองพื้นในโรงงานตัวอย่าง

กระบวนการพ่นสีรองพื้นของแต่ละโรงงาน จะถูกออกแบบลักษณะอุปกรณ์และห้องพ่นสีให้เหมาะสมกับอัตราการผลิต การลงทุนและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่จะผลิตได้ ในส่วนของโรงงานตัวอย่าง กระบวนการพ่นสีพื้นจะประกอบไปด้วยลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเช็ดเป่าลมทำความสะอาดตัวถังรถก่อนเข้าพ่นสีรองพื้น
2. ขั้นตอนการพ่นสีรองพื้น
3. ขั้นตอนการพักตัวถังรถก่อนอบสี
4. ขั้นตอนการอบสีรองพื้น

1. ขั้นตอนการเช็ดเป่าลมทำความสะอาดตัวถังรถก่อนเข้าพ่นสีรองพื้น

เพื่อทำความสะอาดตัวถังรถให้สะอาดปราศจาก เศษฝุ่นผง ก่อนทำการพ่นสีเพราะถ้าปล่อย เศษฝุ่นผง ติดเข้าไปกับตัวรถ สีที่พ่นออกมาก็จะไปกลบทับ เศษฝุ่นผง เหล่านั้นทำให้เกิดปัญหาที่ผิวฟิล์มสีรองพื้น การเป่าลมไล่เศษฝุ่นผงออกจากตัวรถ และเช็ดทำความสะอาดอีกทีช่วยให้สามารถลดปัญหานี้ลงได้

2. ขั้นตอนการพ่นสีรองพื้น

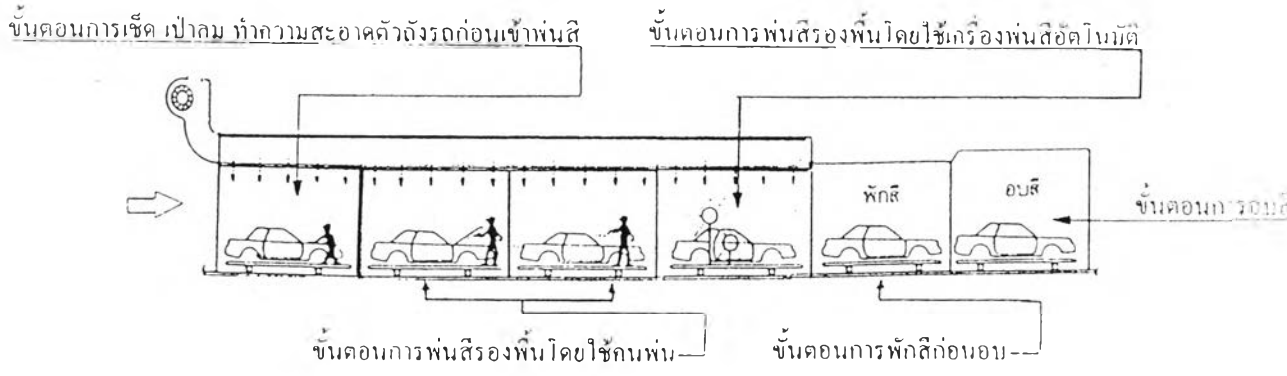
เป็นขั้นตอนที่สำคัญ เพราะการพ่นสีเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผิวฟิล์มสีที่ได้โดยตรง การพ่นสีรองพื้นในปัจจุบัน สามารถที่พ่นโดยใช้ปืนพ่นสีธรรมดา หรือ ใช้เครื่องพ่นสีอัตโนมัติ ที่มีการประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าสถิต อาศัยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า โดยใช้ไฟฟ้าสถิตแรงสูงแล้วจ่ายประจุไฟฟ้าให้กลับอนุภาคสีที่เป็นละออง ส่วนตัวชิ้นงานจะมีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับสี ละอองสีจะวิ่งเข้าเกาะผิวชิ้นงานอย่างราบเรียบสม่ำเสมอ อีกทั้งยังสามารถครอบคลุมพื้นที่ในการพ่นได้มาก และมีการสูญเสียสีน้อยกว่าปืนพ่นสีธรรมดา

3. ขั้นตอนการพักตัวถังรถก่อนอบสี

หลังจากตัวถังรถยนต์ผ่านขั้นตอนการพ่นสีแล้ว ต้องพักให้สีและตัวทำละลายที่เคลือบอยู่บนพื้นผิวระเหยออกอย่างช้า ๆ เพราะถ้าบังคับให้ตัวทำละลายระเหยออกเร็วเกินไปจะทำให้คุณภาพของผิวฟิล์มสีรองพื้นด้อยลงไป

4. ขั้นตอนการอบสีรองพื้น

สีที่ใช้ในโรงงานรถยนต์ ส่วนใหญ่เป็นสีที่เป็นชนิดแห้งตัวโดยการอบสี โดยใช้ความร้อน อีกทั้งคุณภาพของสีอบยังดีกว่าสีชนิดแห้งเร็วในบรรยากาศ ตัวถังรถยนต์ที่พ่นสีแล้วจะถูกนำสู่เตาอบสี โดยใช้อุปกรณ์ลำเลียงเข้าไปในเตาอบ จะถูกอบตามระยะเวลาที่จำเป็น ตามอุณหภูมิที่เหมาะสม ผิวฟิล์มสีจะเริ่มเป็นสภาพจากของเหลวเป็นผิวฟิล์มแข็งเกาะยึดแน่นกับผิวตัวถังรถยนต์

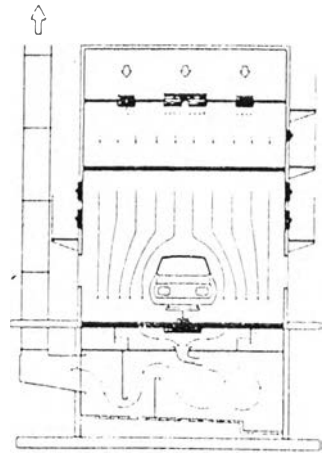


รูปที่ 2.11 แสดงลำดับขั้นตอนในการพ่นสีรองพื้น

ห้องพ่นสีจะประกอบไปด้วยเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังนี้

1. ตัวห้องพ่นสี (Spray booth)
2. ระบบท่อทางจ่ายสีและลมอัด (Paint supply and compress air piping)
3. ระบบจ่ายลมเข้าห้องพ่นสี (Air supply)
4. ระบบดูดจับละอองสี (Exhaust system)
5. ระบบปรับรักษาระดับอุณหภูมิในห้องพ่นสี (Temperature control)
6. ชุดอุปกรณ์พ่นสีอัตโนมัติ (Automatic spray machine)

1. ตัวห้องพ่นสี (Spray booth) ได้ถูกออกแบบตามลักษณะสำหรับการพ่น มีการออกแบบระบบป้องกันมิให้เศษฝุ่นผง หยุดเข้าไปในห้องรวมทั้งป้องกันมิให้ละอองสีในห้องฟุ้งไปรบกวนการทำงานจุดงานอื่น ภายในห้องพ่นสีจะมีการเตรียมพร้อมเรื่องระดับของการส่องสว่างภายในตัวห้อง รวมทั้งระบบความปลอดภัยเกี่ยวกับระบบป้องกันอัคคีภัย



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะห้องพ่นสีตัวถังรถยนต์ในโรงงานประกอบรถยนต์

2. ระบบท่อทางจ่ายสีและลมอัด (Paint supply and compress air piping) เป็นชุดอุปกรณ์ส่งสีที่เป็นของเหลวจากห้องผสมสี เข้าในห้องพ่นสีรวมทั้งลมอัดมาตามท่อทางที่ต่อจากแหล่งจ่ายเข้าห้องพ่นเพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน อีกทั้งในระบบยังประกอบด้วยชุดควบคุมปรับเปลี่ยนแรงดันให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะปรับตามความเหมาะสมในการใช้งาน สีที่จ่ายเข้ามาในห้องพ่นสีนี้จะส่งมาจากห้องผสมสีเป็นสีที่ผ่านการผสมปรับความหนืดของสีแล้ว ถูกนำส่งเข้าห้องพ่นโดยใช้ปั๊มเป็นอุปกรณ์ส่งจ่ายและจะมีตัวกรอง (Filter) ในระบบเพื่อป้องกันไม่ให้เศษฝุ่นผงหยุดตกเข้าไปในระบบ

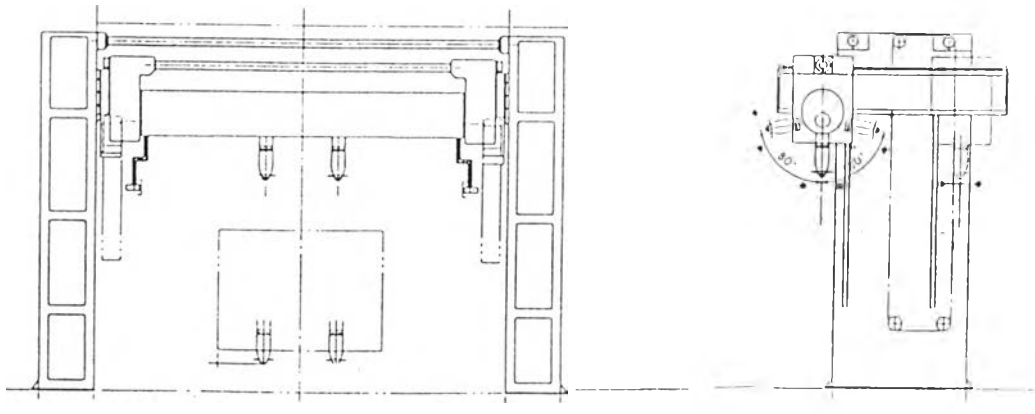
ส่วนลมอัดนั้นในกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ ถือว่าเป็นแหล่งกำลังที่น้ำมาประยุกต์ใช้งานในกระบวนการค่อนข้างมาก อุปกรณ์ในการส่งจ่ายสีเกือบทุกชนิดมีการใช้ลมอัดเป็นแหล่งกำลังงาน เช่น การทำงานของปั๊มส่งสีต่าง ๆ เป็นต้น และในการพ่นสีลมอัดยังเป็นส่วนสำคัญในการช่วยในการฟุ้งกระจายแตกตัวของสีให้เกิดเป็นอนุภาคเล็ก ๆ อนุภาคสีที่แตกจะถูกเคลื่อนนำพาเข้าเกาะติดผิวชิ้นงานอย่างสม่ำเสมอราบเรียบ ลมอัดที่ใช้ในกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ จะเป็นลมอัดที่ได้จากเครื่องอัดลม (Air compressor) ชนิดที่ปราศจากน้ำมัน (Free oil) และต้องผ่านอุปกรณ์ดักความชื้น (Air dryer) ก่อนนำลมอัดเข้าใช้งานในกระบวนการ

3. ระบบจ่ายลมเข้าห้องพ่นสี (Air supply) ภายในห้องพ่นสีต้องมีการจ่ายลมเข้าในห้องพ่น เพื่อช่วยในการลดการฟุ้งกระจายของสีขณะที่พ่น อีกทั้งลมที่จ่ายเข้าไปในห้องพ่นยังมีหน้าที่เสริมในการช่วยปรับอุณหภูมิในห้องพ่นสีให้เหมาะสมอีกด้วย ลมที่จ่ายในห้องนี้เป็นลมที่ถูกดึงมาจากภายนอกโรงงานโดยผ่านพัดลมดูดดึงเข้ามา และเมื่อจ่ายเข้าห้องพ่นสีจะต้องมีการกรองลมที่ใช้ก่อน นอกจากนี้ในบางระบบยังประกอบไปด้วยระบบให้ความร้อน (Heater) และระบบให้ความเย็น(Coller) เพื่อช่วยในการปรับอุณหภูมิห้องพ่นให้เหมาะสมตามฤดูกาล

4. ระบบดูดจับละอองสี (Exhaust system) เป็นระบบในการช่วยลดการฟุ้งกระจายของสีขณะพ่น ซึ่งจะเป็นระบบตรงข้ามกับการจ่ายลมเข้าห้องพ่นสี ขณะพ่นสีจะมีสีบางส่วนที่ไม่ติดไปกับตัวถังรถยนต์จะฟุ้งกระจายอยู่ภายในห้องพ่น ถ้าหากไม่มีระบบดูดจับละอองสีออกละอองสีอาจจะปลิวเข้าไปจับเกาะที่ตัวถังรถอีก และในกรณีที่พ่นรถต่างสีกันละอองสีแต่ละสีจะก่อให้เกิดปัญหาไปจับเกาะตัวถังรถแต่ละคันก่อให้เกิดปัญหาขึ้นมา อีกทั้งในสีเองยังมีส่วนประกอบของตัวทำละลายประเภททินเนอร์ระเหยออกมา ระบบดูดจับละอองสีจะนำพาสารระเหยนี้ออกไป โดยปกติระบบดูดจับละอองสีนี้จะมีอุปกรณ์พัดลมดูดจับละอองสีออก และลมดูดจะดูดผ่านม่านน้ำเพื่อให้น้ำเป็นตัวจับละอองสีก่อนปล่อยลมที่ดูดออกสู่บรรยากาศต่อไป

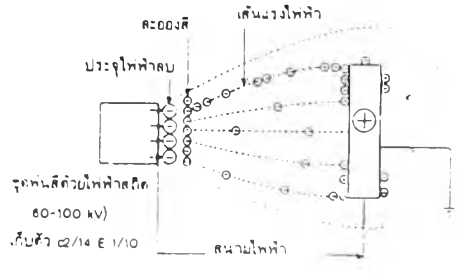
5. ระบบปรับรักษาระดับอุณหภูมิในห้องพ่นสี (Temperature control) ในการพ่นสีเพื่อให้เงื่อนไขในการพ่นสีที่เหมาะสมแล้ว การควบคุมอุณหภูมิของสีและห้องพ่นสี จะเป็นส่วนที่จะช่วยให้กระบวนการพ่นสีทำงานได้สะดวกขึ้น เพราะความหนืดของสีและการระเหยตัวของตัวทำละลายจะมีผลโดยตรงกับอุณหภูมิ ปกติแล้วอุปกรณ์ชุดนี้จะถูกติดตั้งร่วมกับระบบจ่ายลมเข้าห้องพ่นสี และในส่วนของตัวสีจะมีชุดอุปกรณ์ควบคุมต่างหากอีกชุดซึ่งจะติดตั้งอยู่ภายในห้องผสมสี

6. ชุดอุปกรณ์พ่นสีอัตโนมัติ (Automatic spray machine) เป็นวิทยาการสมัยใหม่ ซึ่งแต่เดิมการพ่นสีจะทำการพ่นโดยใช้คน ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงมาใช้อุปกรณ์เครื่องจักรซึ่งช่วยในการลดความแปรปรวนของการพ่นสีลงได้ ทำให้คุณภาพของผิวฟิล์มที่ออกมาจะมีความราบเรียบและความหนาของผิวฟิล์มสีสม่ำเสมอกว่าการใช้คนพ่น อีกทั้งการปรับเปลี่ยนแปลงยังสามารถควบคุมได้ง่ายกว่า



รูปที่ 2.13 แสดงชุดอุปกรณ์พ่นสีอัตโนมัติ

ในชุดอุปกรณ์พ่นสีอัตโนมัติ ยังได้มีการนำเอา ระบบไฟฟ้าสถิต (Electro statics) มาประยุกต์ร่วม ในการใช้งานเพื่อให้เกิดความประหยัดลดในการฟุ้งกระจายของสีอีกด้วย



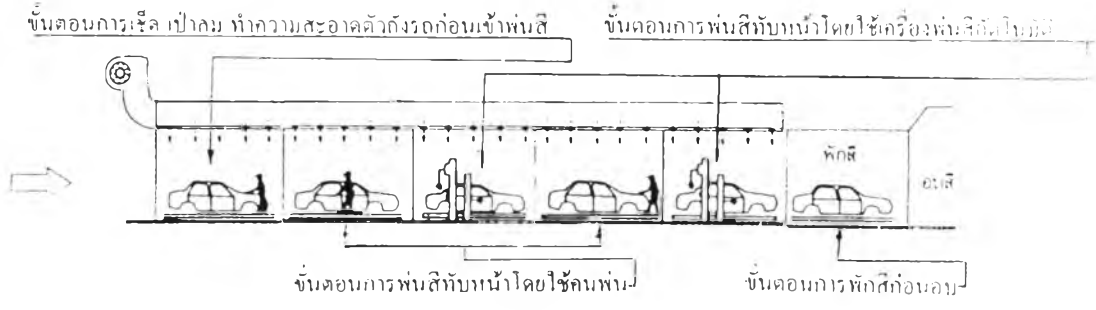
รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะการทำงานของการประยุกต์ใช้ระบบไฟฟ้าสถิตในการพ่นสี

อย่างไรก็ตามการพ่นสีถึง แม้จะมีการนำเอาอุปกรณ์เครื่องจักรเข้ามามีส่วนช่วยในการพ่นสี บางตำแหน่งของรูปร่างตัวถังรถยนต์ยังจำเป็นที่ต้องมีคนพ่นช่วยเก็บอีกครั้ง เพราะความสามารถของเครื่องที่ทำได้ยังไม่ครอบคลุมในจุดนี้ และการควบคุมการใช้งานเครื่องจักรยังต้องได้รับคำสั่งมาจากคน ซึ่งผู้ที่ใช้งานในจุดนี้จะต้องมีความเข้าใจและมีประสพการณ์ในการใช้งานมาพอสมควร

I 17061756

2.4 กระบวนการพ่นสีทับหน้า (Top coat painting process)

สีทับหน้าเป็นชั้นผิวฟิล์มสีนอกสุดของการทำสีตัวถังรถยนต์ เป็นจุดเน้นเกี่ยวกับความสวยงามให้ปรากฏบนพื้นผิวตัวถังรถยนต์ กระบวนการพ่นสีทับหน้าของแต่ละโรงงานจะถูกออกแบบลักษณะอุปกรณ์และห้องพ่นสีให้เหมาะสมกับอัตราการผลิตคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ ในส่วนของโรงงานตัวอย่างกระบวนการพ่นสีทับหน้าคล้ายกับกระบวนการพ่นสีพื้น รวมทั้งตัวชุดอุปกรณ์ที่ใช้ด้วย จะแตกต่างกันในรายละเอียดเกี่ยวกับสีที่ใช้และวิธีการในขั้นตอนการพ่นสีที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.15 แสดงลำดับขั้นตอนในการพ่นสีทับหน้า

เนื่องจากสีทับหน้ามุ่งเน้นความสวยงามของสีสรรที่ปรากฏบนพื้นผิวตัวถังรถยนต์ สีสรรที่ปรากฏบนผิวฟิล์มเป็นสิ่งที่เป็นผลสะท้อนของแสง

โดยสีจะมีแหล่งกำเนิดในแสง เช่น แสงอาทิตย์จะประกอบไปด้วยแถบสีต่าง ๆ เมื่อนำแสงส่องผ่านแท่งปริซึมทำให้สามารถที่จะเห็นแถบสีต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นแสงสีขาวโดยการหักเหของแสงเมื่อผ่านปริซึมออกมา เนื่องจากแสงอาทิตย์ได้ถูกดูดกลืนความยาวคลื่น (Wave lenght) โดยสีแต่ละสีจะมีความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น ถ้าความยาวคลื่นที่สะท้อนออกมามีขนาดมากกว่า 610 mμ. จะถูกเห็นเป็นสีแดง หรือกล่าวคือ สีเป็นสิ่งที่เป็นผลจากการเลือกสะท้อนของแสง

สำหรับสีที่ปรากฏบนผิวฟิล์มสีทับหน้าที่เห็นมาจาก ผงสี จะมีปรากฏการณ์อื่นนอกจากการสะท้อนและการดูดกลืน ความยาวคลื่น เช่น การหักเห การเบี่ยงเบนของแสง เป็นต้น

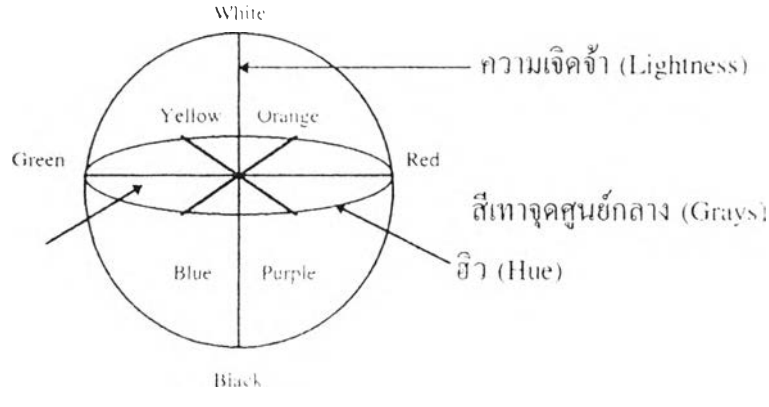
2.4.1 การศึกษาเรื่องสีมีการจัดจำพวกสี ดังนี้

1. ฮิว (Hue) ในการศึกษาเรื่องสเปรกตรัม (Spectrum) นั้น จะเห็นว่าแสงอาทิตย์หรือแสงจากแหล่งอื่น ภายหลังที่ผ่านช่องแคบ ๆ เข้าไปในปริซึมแล้วแสงจะกระจายเป็น สเปกตรัม ซึ่งตาเราจะรู้สึกเห็นเป็นสีต่าง ๆ แถบสีจาง ๆ ในสเปรกตรัม เรียกว่า ฮิว (Hue) เช่น แถบสีแดง แถบสีส้ม แถบสีเหลือง แถบสีเขียว แถบสีน้ำเงิน และแถบสีม่วง ในสเปรกตรัมของแสงอาทิตย์จะมี ฮิว ไม่ครบทั้งหมด เช่น สีม่วงแดง และสีม่วงแกมน้ำเงิน จะไม่พบในสเปรกตรัมของสี

2. ความเจิดจ้า (Lightness) คือความรู้สึกติดตาติดใจ ของจำนวนแสงที่สะท้อนออกมาจากแถบสีแต่ละสี ทำให้รู้สึกว่ามีแสงผ่านออกมามากหรือน้อย

3. ความอิ่มตัว (Saturation) คือ ความแตกต่างมากน้อยจากสีเทา ที่มีความสว่างเดียวกัน ถ้ามีความอิ่มตัวมากเรียกว่า เข้ม ถ้ามีความอิ่มตัวน้อยเรียกว่า อ่อน ส่วนสีเทามีความอิ่มตัวเป็นศูนย์

เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการจัดจำพวกของสี สามารถที่จะอธิบายโดยดูจาก คัลเลอร์สเปซ (Color space) ช่วยให้เข้าใจมากขึ้น



รูปที่ 2.16 คัลเลอร์สเปซ

ตำแหน่ง จุดศูนย์กลาง เป็นสีเทา (Neutral gray) เมื่อไม่มีความอิ่มตัวไปตามแกนตั้ง โดยจะมีสีดำอยู่ล่างและสีขาวอยู่บน ในระหว่างขั้นนั้นจะมีสีเทาเฉดต่าง ๆ ถ้าขึ้นไปตามแกนบน สีเทาจะอ่อนขึ้นเรื่อย ๆ จนเป็นสีขาว ในทางกลับกันสีเทาจะเข้มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงสีดำ

ในแนวภาคตัดขวางรูปวงรี คือ วัฏจักรสี (Color circle) จะมีสิ่งของแถบสีอยู่ตามตำแหน่งต่าง ๆในวัฏจักร ถ้าตำแหน่งสีอยู่ห่างแกนกลางมากจะมีความอิ่มตัวสูง และหากอยู่สูงมาก มักจะมีค่าความเจิดจ้าสูงตามขึ้นด้วย

ตำแหน่งสีที่ปรากฏใน คัลเลอร์สเปซ ของแต่ละสีใน 3 แกน มีการนำเอาตัวเลขทางคณิตศาสตร์ 3 จำนวนเป็นตัวบอก การบอกตำแหน่งดังกล่าวมี 2 ระบบ คือ

1. ระบบทางการสากล (C.I.E Official international system)

ที่เสนอโดย (COMMISION INTERNATIONALE DEL'ECLAIRAGE, ABBREVIATED AS CIE.) ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1931 หลักการของวิธีการนี้คือ วัดค่าการสะท้อนกลับ (Reflectance) ของสี 3 ค่า โดยวัดที่ปลายสเปรกตรัมความยาวคลื่น ปลายละ 1 ค่า และที่ตรงกลาง สเปรกตรัมความยาวคลื่น อีก 1 ค่า ทั้งสามคลื่นนี้ทำให้ทราบ สีน้ำเงิน (Blue) , สีเขียว (Green) และ สีแดง (Red) ตามลำดับในสเปรกตรัม โดยเครื่องมือวัดจะประกอบด้วย 1. แหล่งของแสง (Light source) และ 2. กระจกกรองแสง (Glass light filter) 3 อัน คือ สีน้ำเงิน (Blue) , สีเขียว (Green) และ สีแดง (Red) เมื่อวางกระจกกรองแสงขวาง แหล่งของแสง มันจะเปลี่ยนแสงสีขาวของแหล่งของแสง ไปเป็น สีน้ำเงิน,สีเขียว และ สีแดง ตามลำดับ โดยกรองความยาวคลื่นแสงอื่นออกหมด

ค่า B , G , R จะถูกคำนวณเปลี่ยนไปเป็นค่า X , Y , Z ซึ่งเรียกว่า ค่าในจิตนาการ (Tristimulas values) โดยค่า X จะสอดคล้องกับสีแดง R , Y จะสอดคล้องกับสีเขียว G Z จะสอดคล้องกับสีน้ำเงิน B เรียกค่า X , Y , Z ว่า ค่าในจิตนาการเพราะมันไม่มีอยู่จริงและสามารถสร้างขึ้นมาได้

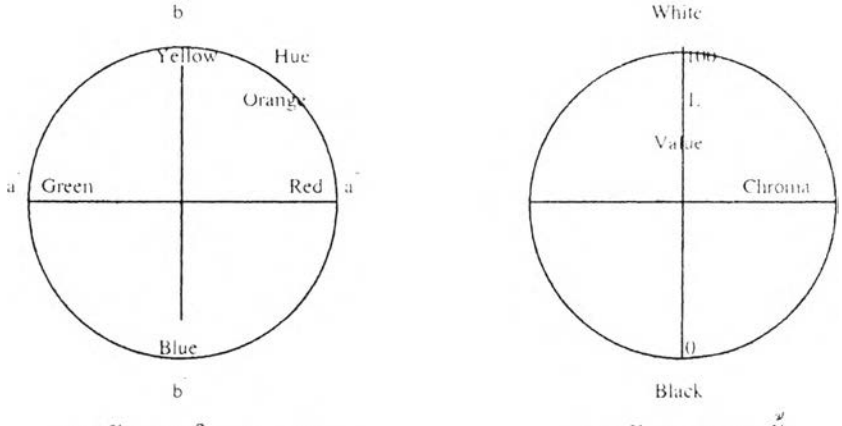
ค่าในจิตนาการนี้สามารถไปคำนวณ พิกัดสี (Chromaticcity coordinates) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ x , y , z โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad , \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad , \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

โดยที่ $x + y + z = 1$

ค่าทั้ง 3 ค่านี้สามารถนำไปเขียนลง CIE. Chromaticity diagram โดย CIE. Chromaticity diagram จะมีความสอดคล้องกับ คัลเลอร์สเปซ ในรูปที่ 2.16

2. ระบบ L^*, a^*, b^* System ใช้สำหรับคำนวณค่าความแตกต่างของสี (Color difference) ทั้ง ระบบ CIE. และ ระบบ L^*, a^*, b^* สามารถคำนวณแปลงกลับไปมาได้ หลักการณ์ของ L^*, a^*, b^* จะหาจุดพิกัดจาก ภาคตัดขวางในแนวตั้ง และแนวนอนของ รูปที่ 2.15 คัลเลอร์สเปซ ดังรูป



ภาคตัดขวางในแนวนอน ภาคตัดขวางแนวตั้ง

รูปที่ 2.17 แสดงภาคตัดขวางคัลเลอร์สเปรซ ระบบ L^*, a^*, b^*

ค่าตำแหน่งของ L - Scale ซึ่งจุดกลางจะเป็นสีเทา ยิ่งสีเทามีค่าอ่อนเท่าไร ค่า L จะยิ่งมีค่าสูง โดยสูงสุดจะเป็นสีขาว มีค่า L = 100 และตรงข้ามสีดำจะมีค่า L ต่ำสุด = 0

ภาคตัดขวางในแนวนอนแสดง วัฏจักรสี จะไม่เป็นสัดส่วนที่สมบูรณ์ กล่าวคือ สีส้ม สีแดง และสีม่วง มาอยู่รวมกันทางด้านขวา สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงิน กระจายไปทางด้านบน ด้านซ้าย และด้านล่างตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะสายตามนุษย์ เห็นความแตกต่างของสีส้ม สีแดง และสีม่วงได้น้อยกว่าสีเขียว ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในภาคตัดขวางในแนวนอน นี้แสดง ฮิว และ ความเข้มตัวของสี สีต่าง ๆ จะถูกแสดงค่าตามพิกัด a , b ซึ่งมีค่าทั้ง $+a^*, -a^*, +b^*, -b^*$ เช่นถ้าสีมีค่า a ออกเป็นลบจะออกเป็นสีเขียว ถ้ามีค่า b ออกเป็นบวกจะออกเป็นสีเหลือง

เนื่องจาก พิกัดของ L^*, a^*, b^* ทำหน้าที่บอกตำแหน่งของสีใน คัลเลอร์สเปซ เป็นตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นในการเทียบสีเราจึงใช้ เครื่องวัดความแตกต่างของสีทำการอ่านค่า L^*, a^*, b^* ของแผ่นสีตัวอย่างที่ทำเป็นแม่แบบใช้สำหรับเทียบกับแผ่นตัวอย่างที่ทำขึ้นใหม่

โดยการคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) จากสูตร

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

โดยที่ $\Delta L = (L_2 - L_1)$

$\Delta a = (a_2 - a_1)$

$\Delta b = (b_2 - b_1)$

และผลการตรวจสอบหากมีค่า ΔE สูงมากเท่าไรแสดงว่ามีความแตกต่างของสีสูงขึ้นมากเท่านั้น

จากกระบวนการหลัก ๆ ของการทำสีตัวถังรถยนต์ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในกระบวนการทำสีตัวถังรถยนต์ ยังประกอบไปด้วยกระบวนการย่อยอีกหลายรายการ เช่น

การพ่นวัสดุใต้พื้นตัวถังรถ (Under floor coating) เพื่อป้องกันพื้นผิวตัวถังด้านล่างกระเทาะจากก้อนหิน กรวดทราย ขณะวิ่งใช้งาน

ขั้นตอนการซีล (Sealing) ปิดแนวตะเข็บรอยต่อตัวถัง เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำและลมเข้ามาในห้องโดยสาร อีกทั้งบางจุดยังช่วยในการป้องการผุกร่อนอีกด้วย

และขั้นตอนที่ช่วยในซ่อมแก้ไขปัญหา เช่น ขั้นตอนการขัดแต่งผิวฟิล์มสีพื้น , ขั้นตอนการขัดแต่งผิวฟิล์มสีรองพื้น , และขั้นตอนซ่อมตกแต่งผิวฟิล์มสีและตัวถังสีสุดท้าย ก่อนส่งตัวถังสีที่สมบูรณ์เข้าสู่กระบวนการประกอบรถยนต์หลักอื่นต่อไป